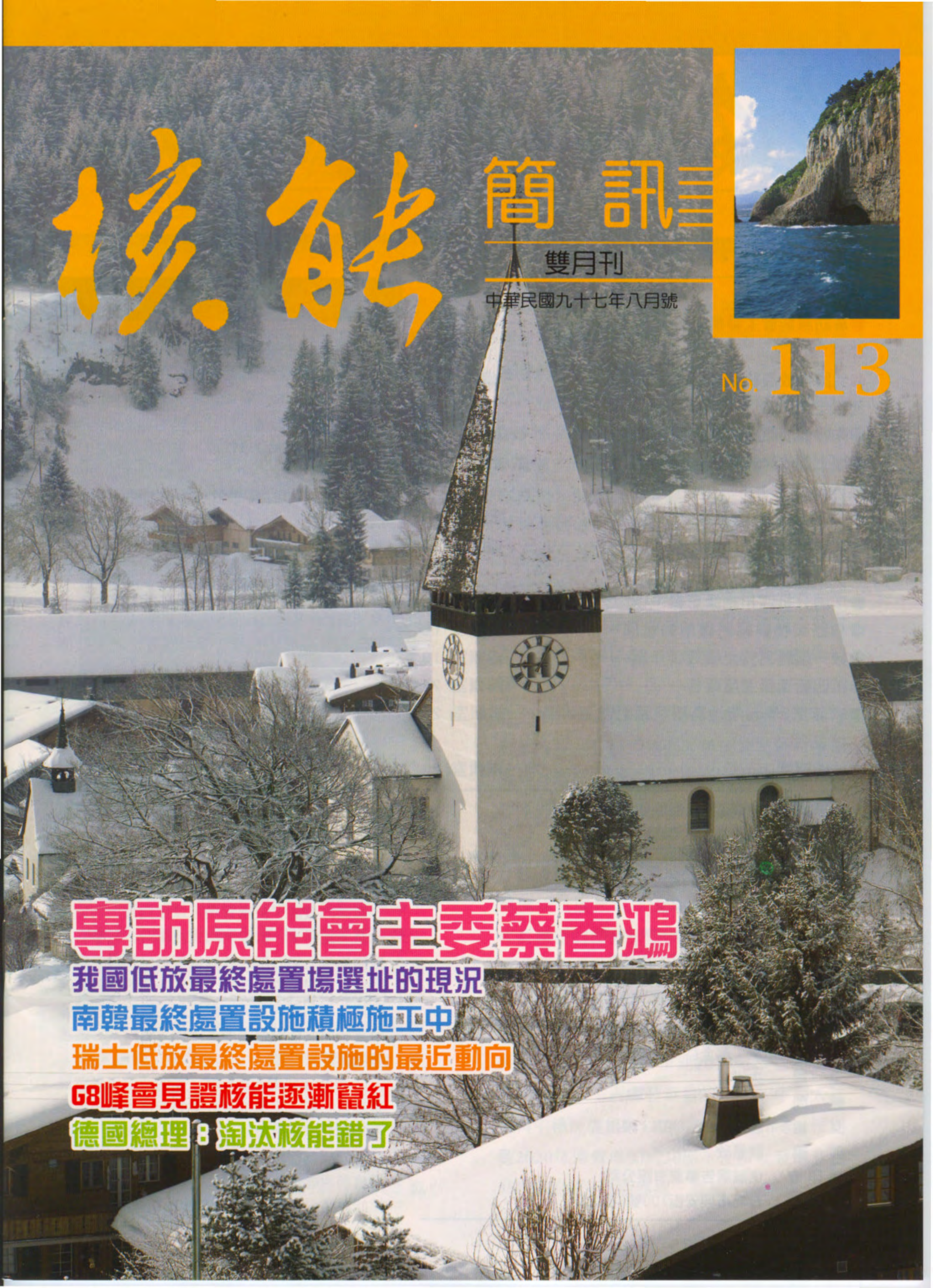


核能簡訊
雙月刊
中華民國九十七年八月號
No. 113
專訪原能會主委蔡春鴻
我國低放最終處置場選址的現況
南韓最終處置設施積極施工中
瑞士低放最終處置設施的最近動向
G8峰會見證核能逐漸竄紅
德國總理：淘汰核能錯了

核能簡訊 中華民國九十七年八月號



CONTENTS

出版單位 中華民國核能學會
財團法人核能資訊中心
地　址 新竹市光復路二段一〇一號研發大樓208室
電　話 (03) 5711808
傳　真 (03) 5725461
網　址 http://www.nicenter.org.tw
E - mail nic@nicenter.twmail.net
發行人 朱鐵吉
編輯委員 李四海、徐懷瓊、翁寶山、黃文盛、萬永亮、劉仁賢、潘欽、蔡顯修、謝牧謙、鍾堅、顏上惠、蕭金益（依筆畫順序）
主　編 朱鐵吉
顧　問 喻冀平
文　編 鍾玉娟、翁明琪、陳婉玉
美　編 陳慧欣
編印者 信誠廣告事業有限公司
地　址 台北市興安街100號3樓之5

編者的話

人類過度使用化石燃料，嚴重加快了全球暖化的速度，也帶動油價的飆漲；為積極尋找替代能源而研發生質能源，卻造成全球糧食短缺，影響通貨膨脹。是故，原本主張反核的國家，也回頭積極發展核能。重啟核能應用已漸漸成為國際主流。

核能自1950年被發現其用處後，即成為能源發展的重要一員。但前蘇聯車諾比爾核能電廠事件的影響，使得核能蒙上一層厚厚的陰影。即便科技技術的進步，已能掌控核能安全及安全地處置放射性廢棄物，民眾心中仍存著無可言喻的恐懼。而今，透明流通的核能資訊、各國政府的宣導，讓民眾的恐懼漸漸消弭，愈來愈多人轉而支持核能的發展。

核能發展最為人所質疑的，就是廢棄物的處置。如今台灣也正面臨著此一難題—低放射性廢棄物最終處置場址的設置。放射性廢棄物最終處置的最高目標，是將廢棄物永久隔離於人類的生活環境，確保人類生活安全與環境品質。為了化解民眾的爭議與不安，我國已於民國95年公布施行「低放射性廢棄物最終處置設施場址的設置條例」，藉由法治規範選擇出適當的場址、設計出完善的工程，加上固化、減容技術的發展，使處置場可以達到最大的使用效益。近年來，國際間處置技術的多元發展與經驗累積，更有助於我國低放廢棄物最終處置計畫工作的推動與執行。雖然各國的處置方式因條件不同而有差異，但是都能徹底將放射性廢棄物與生活環境隔離，確保大眾安全、維護環境品質。

2008年我國政黨輪替，新的政府團隊讓民眾耳目一新，也懷抱著許多的期待；與民生切身相關的能源政策更是民眾關切的議題。核能是否能成為台灣未來能源發展的重點，本刊特地專訪原能會新科主委，談談他對我國未來的核能發展，應該值得我們樂觀地期待。

專訪原能會主任委員蔡春鴻

◆ 編輯室

2008年5月20日，馬政府新內閣團隊正式上任，其中行政院原子能委員會主任委員由國立清華大學工程與系統科學系教授蔡春鴻接任，就在我國核能界引頸企盼新政府當有新思維、新作為之際，本刊特地專訪蔡主委，請教他將如何因應國際間核能復甦趨勢與國內未來核能發展的想法。



原能會主委蔡春鴻

本刊 核四廠即將於民國99年完工商轉，但是仍然無法滿足我國日益迫切的用電需求，您認為是否需要在現有核能電廠內增加機組？

蔡主委 我國在1998年召開第1次能源會議，當時劉兆玄院長擔任行政院副院長的職務，負責籌備能源會議；2005年時民進黨政府召開第2次能源會議。新政府上台後將制訂不同於以往的能源政策，行政院已經通過「能源政策綱領」，與前2次能源政策不同之處，在於以前是根據經濟成長的指標來預測我國未來的能源與用電需求，再回頭設計如何滿足需求。現在有京都議定書的國際壓力，降低二氧化碳排放量已取代以前的思考模式，也就是說未來以節能減碳為主軸的能源政策，必須讓能源的使用和二氧化碳的排放，與經濟成長的趨勢脫鉤。

新的能源政策必須兌現馬總統的競選承諾，也就是今後8-12年期間，我國二氧化碳排放量必須降低至2008年的排放量，2025年則降至2000年的排放量。由於目前通過的只是一個綱領，我現在還無法預測新能源政策的具體內容，但是可以確定的是「減碳」將成為政策主軸，而核能發電是無碳能源，因此應該會是新能源政策中的重要選項；換言之，增加核能比例，比較容易達到減碳的目標。

今天（6/25）早上我在行政院的報告中提到國際核能發展的趨勢。美國和英國是最早發展核能發電的國家，已分別有30年和20幾年沒有興建核能電廠，但是最近都分別通過法案，鼓勵新建核能電廠，美國預計在2013年起（至2034年）將新建34部機組。法國長期積極發展核電，也是第一個規劃開發第4代反應器的國家。亞洲的國家是和我國的能源環境比較相近的，日本在2006年發布核能立國大綱，預定將核能發電的比例從30%增加到40%；韓國除興建中的核能機組外，還規劃增加8座機組，預期2015年核電裝置容量將達33%，占總發電量的45%。中國大陸運轉中核能機組有11座，建造中有6座，預期到2020年還會增加約30座，使核能發電量占5%。東協（包括泰國、越南、印尼等）在6

月17日「東協加三論壇」成立東南亞非武核定區計畫，也將積極發展核電。在過去曾經通過非核政策的歐洲國家中，荷蘭和瑞典已宣布停止非核，瑞典計畫在2010年開始興建新的核能電廠；義大利、比利時和德國均積極考慮維持核能發電；目前唯有西班牙是仍宣稱繼續逐步削減核能電廠的國家。而我國未來是否會增加新的核能機組，須待具體的能源政策出爐。

本刊 面對國際間核能復甦的風潮，各國紛紛計畫興建核能電廠，預期核能機組相關設備將供應不及；如果我國未來將新增機組卻無機可買時，您認為應如何因應？

蔡主委 根據國際原子能總署2007年公布的資料，目前全球尚有35部核能機組正在興建，未來仍將有32部機組會陸續動工，國際上核電產業並沒有中斷，當然，若未來國際上都積極發展核電，或許會產生核電市場供不應求的現象。事實上，國際間的核電機組供應商應可以在短時間內快速建立因應的能力，例如日本的廠商就相當積極，最近東芝還到清華徵才，已與幾個清華的畢業生簽約。而美國30餘年來未興建新的機組，相關研發能力停滯不前，從承包我國核四廠的奇異公司即可窺知一二。不過，其他國家的核能技術並未隨之停頓，問題在於人才是否能銜接需求，則有待後續觀察。

我國若有增加機組的需求，從規劃、可行性評估到國會通過，加上施工、審照，最快要到2018年才會有增加新機組的可能。因此著眼於現有核能電廠延役較容易得到效果，這是現在即可著手進行的工作。核一、二、三廠如果申請延役，10年之後就可陸續見到明顯的效果。



蔡主委赴核四工地舉行座談會

從核四工程中我有幾點想法：1.整合原能會與核研所在核四工程的管制過程中所獲得的寶貴經驗，作為日後興建新機組及是否需建立國內核能產業的參考。2.核四工程有許多問題源自於缺乏一個有經驗的建築工程師，反應器及相關設備的主要供應商奇異公司也不夠配合，加上採購切分成太多小包商直接由台電分包，受到採購法的限制等等，這些問題以後應如何避免。3.核能復甦也可能帶動核能新機種的發展（如第3⁺代、第4代…），日後若增建機組時，應如何規劃引進新技術的時程？應引進的機組形式？都可開始預作準備。

本刊 世界各核能國家均出現核能從業人員的退休潮，面臨人才斷層的困境，甚至出現跨國搶人的情形。您認為我國應採取何種措施

以加速新血的遞補？

蔡主委 美國能源部已積極鼓勵投資興建核能電廠，強力支援各大專院校重新開設核工科系。從學校招生的情形可以看出，只要該項工作有願景，學生就會自動跟進。國內也是如此，清華大學核工研究所今年是第2年招生，報考人數大增，正取23名，報到率達100%；而大學部選修核工原理科目的學生也大幅增加。日本廠商在這方面更是積極，對清華大學核工所的畢業生非常有興趣，只要面談通過就立刻簽約。

如果產業未來的趨勢看好，企業提供正面、良好的環境，就容易吸引好學生。但是藉由學校教育培養人才是長期性，無法滿足短期的需求。若需要在短期間大量培訓核能人才，必須依賴核能相關單位合作進行在職進修與在職訓練的課程，由清華大學、核研所及台電公司內部舉辦訓練課程；此外，民間單位也可開辦核能技術訓練班，以加速彌補核能人才的斷層。

同樣地，國內核能產業環境的營造，端賴具體的能源政策引導。在思考如何引進新血加入之餘，還可鼓勵其他領域的工程師轉換跑道，投身核能的行列。雖然我國核能人才出現老化的現象，但是這些飽含專業知識與實務經驗的退休人員如能善加運用，讓他們退而不休，繼續貢獻專長，將所知學能確實向下傳承，如此雙管齊下即容易銜接人才的斷層。

本刊 根據台電公司所做全國性民意調查顯示，我國民眾有5成5對低放最終處置設施的安全性沒有信心；您認為應如何加強核能發電、中期貯存、低放選址的宣導，以化解大眾的疑慮？

蔡主委 對民眾的宣導確實是一件很困難、不容易有成效的工作，我到原能會之後，深深感受到原能會除了核能發電相關的安全管制工作外，在改善輻射醫療品質的工作上也有很多貢獻，因此也啟發我對核能宣導的工作有新的思維。原能會以前對醫院輻射安全管制的作法是針對放射性醫療儀器設備的輻射防護措施是否合格、操作人員是否持有證照進行管制；現在則是站在病患的角度思考民眾需要的是什麼，進而與衛生署合作推動「放射性醫療品質保證制度」，目前已完成6個項目，其餘部分仍在持續進行中，立法委員對這項工作也表示認同與支持。

原能會未來的民眾宣導也可以循此模式更親近民眾，除了放射性醫療之外，也可以把一般民眾所關切的譬如說大哥大基地台、高壓鐵塔、微波爐…等電磁波輻射等相關資料編成教材後，至全省各中小學進行溝通與宣導，讓下一代從小就知道什麼是輻射，感受到輻射與個人是切身相關，進而再談核能發電，民眾應該較容易接受。

同樣地，如果從小開始認識核能，對輻射有正確的認知，就不至於產生不必要的疑慮。奈米國家型計畫中有個「K12計畫」，針

對幼稚園到12歲的兒童進行相關教育，讓許多中小學教師參與教材的編定與設計。中小學教師其實與一般民眾差異不大，如果本身對核能存有疑慮，像目前這種由核能等專業人士編好教材，單向對他們宣導的作法，其效果是存疑的。K12計畫由種子教師參與編製教材，藉此過程可以啟蒙他們的動機，自己編製的教材以後在教學的過程中也才會用。未來國科會將推動能源國家型計畫，建議可將節能、減碳以及核能與其他潔淨能源編入教材，提供民眾從小就能接觸正確核能知識的機會。


蔡主委赴核四工地視察施工情形

本刊 您認為原能會應如何扮演我國未來核能推動者的角色？

蔡主委 我同意原能會的任務除了核能安全的管制工作外，也有推動原子能和平用途的責任。在核能發電的部分常會有「推動」與「管制」兩種角色是否衝突的困擾，主要是來自於對新建核能機組的立場。為了避免困擾，原能會必須強調安全把關的角色，而原能會的「推動」角色則是要讓民眾願意接受核能發電。在民眾接受之前，先要民眾感受到放心、安心，信任原能會能安全地管制核能電廠，這也就是間接推廣核能發電的方式。我希望將原能會塑造成「站在民眾這一邊」的形象。原能會管制的立場與功能不能改變，而研發的工作則可交由核研所。日本與美國都明確區分管制單位與推廣單位的角色扮演，且兩者分別各有研發單位的支援。我國因市場規模較小的限制，只能在核研所所內切割支援管制與技術服務的功能。

因此我上任之後，即要求核研所成立「核安管制技術支援中心」，這是功能編組，專門支援原能會的管制工作與相關的研究，不兼其他台電委託的研究計畫，角色扮演非常清楚。工作人員支援管制作業結束之後，再重回研發崗位，藉此切割管制與技術服務工作的角色。如此，將可長時期維持專業技術，再適時地將專業技術用到管制的工作上，使管制與研發技術相流通，以釐清外界對原能會「重推廣而輕管制」或「只管制而不推廣」的質疑。

訪談中，蔡主委一再提及具體的能源政策一旦定調，將可確定核能是否能成為我國的能源選項、可否新增核能機組、可否推動現有核能電廠延役、可否營造樂觀正面的核能產業環境，以吸引人才投入等。在民心思變之際新政府上台了，且讓我們拭目以待一份符合國際趨勢與國內需求的能源政策。

我國低放最終處置場選址的現況

◆ 編輯室

預定進度

「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」(以下簡稱「場址設置條例」)已於95年5月24日公布施行，經濟部依據該條例第5條規定，於條例公布後3個月內成立低放射性廢棄物最終處置設施場址選擇小組(以下簡稱選址小組)，並依第6條規定會商主管機關(行政院原子能委員會)後指定最終處置設施選址作業者。

依據「場址設置條例」第7條規定，選址小組於成立後6個月內擬訂選址計畫提報經濟部，經濟部於收到選址計畫之日起15日內，將選址計畫刊登於政府公報並上網公告30日，且會商主管機關及相關機關，參酌機關、個人、法人或團體所提意見後，於公告期間屆滿2個月內核定計畫內容。

依據「場址設置條例」第8條規定，選址小組於選址計畫經主辦機關核定之日起6個月內，提報主辦機關公告潛在場址。

選址作業進度

1.台電公司依據「場址設置條例」規定的程序，將選址計畫草案提報選址小組審議，經選址小組第2次委員會議討論修正，經濟部於96年3月21日將選址計畫刊登於行政院政府公報，並上網公告30日，公告期間內未接到機關、個人、法人或團體所提意見，經會商主管機關及相關機關意見，修訂完成選址計畫後，已於96年6月12日核定選址計畫，自6月20日生效。

2.選址小組於96年8月2日召開第3次委員會議，聽取台電有關場址篩選作業及相關公眾溝通工作報告。

3.經濟部國營會於96年9月7日邀請行政院原子能委員會及相關單位召開場址設置條例實務疑義研商會議，就場址設置條例實務疑義進行討論。

4.選址小組續召開第4、5、6次委員會議及辦理3個梯次場址現勘活動，辦理潛在場址篩選作業。

場址調查進度

台電公司依選址小組第3次委員會議決議分別於96年9月10日、9月27日及10月12日辦理3場「低放射性廢棄物最終處置潛在場址篩選說明會」，向選址小組委員簡報條例施行前的選址作業及依條例執行篩選可能潛在場址的方法及過程。

台電公司依「場址設置條例」第20條規定，繼續執行該條例立法完成前，在各可能場址進行的各項調查工作：

已完成：4處可能場址的地形測量、地表地質調查、地表水文調查、背景輻射調查、社會接受性調查、地電阻地球物理探查，其中3處可能場址並已完成折射震測地球物理探查。

尚待進行：4處可能場址的地質鑽探、地

下水文調查、地球化學調查、地工調查及試驗及其中1處可能場址的折射震測地球物理探查，調查工作需要的申請手續已向地方政府提出或申覆中，並加強與地方的溝通，以便排除阻力，及早進行調查工作。

有關部分可能場址調查作業的原住民保留地調查用地申請案，持續與所在地縣政府及議會溝通，申請同意使用原住民保留地，以便儘早進行現地鑽探調查及試驗工作。先前獲得林管處核發的2處可能場址調查用地同意證明申請展延案，其中1處可能場址獲得同意展延至97年6月30日，另1處可能場址則獲得覆函表示有實地施工需求時再辦理申請。已經同意原住民保留地使用者，已於96年11月14日完成簡易水土保持申報書核定本的送審作業。

台電公司總處協同各可能場址所在地的轄區營業處，繼續辦理地方社區民眾宣導工作。

現況分析

根據台電公司所做的全國性民意調查顯示，我國民眾有5成5對低放最終處置設施的安全性沒有信心。台電公司表示，這次的民意調查是第1次普遍性的意見調查，在此之前，由於潛在場址尚未定案，台電公司還無法進行全國性的宣導工作，只集中在幾個目標地區默默與當地民眾溝通。一般民眾「沒聽過此計畫」是正常現象，不夠瞭解低放最終處置作業，連帶地也會覺得不安心。

由於正值政權輪替之際，低放最終處置設施選址作業為尊重新政府的決定而稍做停頓，預計本屆選址小組於8月底任期屆滿之前，應可提報潛在場址名單。一旦公布潛在場址之後，台電公司即須加速推動全國性與地方民眾的宣導溝通，以利後續的重頭戲—地方性公民投票的完成。

依照公民投票法規定「公民投票案投票結果，投票人數達全國、直轄市、縣（市）投票權人總數1/2以上，且有效投票數超過1/2同意者，即為通過。投票人數不足前項規定數額或未有有效投票數超過1/2同意者，均為否決。」門檻相當高。因此，若要順利通過低放最終處置場址需要增加大規模的說明活動，除了讓當地民眾清楚瞭解最終處置場的安全性，還需設籍於潛在場址、但是在外地生活的民眾也獲得充分的資訊，願意返鄉投下神聖的一票。

目前全世界有34個國家擁有自己的低放最終處置場，共計76座處置場正在運轉中，期盼我國第一座低放最終處置場能在民眾理性與智慧的認同之下順利產生。

南韓中低放射性廢棄物最終處置設施 正以自主技術施工中

◆許俊男 譯

南韓於2007年11月10日在慶尚北道慶州市陽北面的奉吉里舉行中低放射性廢棄物(以下簡稱低放廢棄物)處置設施「月城原子力環境管理中心」的開工儀式，正式著手工程的進行。



圖1.月城原子力環境管理中心鳥瞰圖

月城原子力環境管理中心占地約210萬平方公尺、貯存80萬桶的低放廢棄物，預計初期的投資金額約1兆5,000億韓元(約500億台幣)。這次的開工儀式是第一階段工程，為100萬桶的貯存規模，預定於2009年底完工。是亞洲最先引入的坑洞處置方式，以100%的南韓技術施工。

亞洲最先的坑洞處置方式，具備世界最高的安全性

月城原子力環境管理中心的低放廢棄物處置設施，位於地下80–130公尺深的岩石中，作成垂直圓筒狀的人工坑洞，以坑洞的處置方式建造。與芬蘭的歐基盧歐圖、瑞典的佛斯馬克處置場相同。

在地上210平方公尺的占地上，以主設備建築和事務所為主，設置有樹園、簡報室、瞭望台，本身則建造為生態公園，從建築物的外牆開始將整體設施引入優美環境的概念，最終將成為觀光名勝。

除了核能電廠的工作服、手套、針筒、藥瓶、各種更換的零件之外，從醫院和企業所收集的低放廢棄物，經過壓縮固化處理之後，裝入特殊的搬運容器內以備運送。目前在古里、靈光、蔚珍核能電廠所暫存的低放廢棄物，將來可利用專用船舶經海上運送到月城原子力環境管理中心。

低放廢棄物運送船舶具有雙層船體及雙重引擎，並備有輻射屏蔽構造、防止碰撞雷達、衛星通訊裝置、氣象資訊裝置、防止火災裝置及緊急電源設備等特殊性結構。以海路運送到月城原子力環境管理中心的低放廢棄物，將在受貨檢查設施經過放射活度的偵測、x射線及超音波的檢查等，實施活度濃度、是否含有害物質等精密的受貨檢查。

受貨檢查之後的低放廢棄物，裝入10公分厚的混凝土處置容器，以搬運卡車運到處置坑洞，利用吊車井然有序地堆置。處置坑洞貯滿之後，則用密封材料填滿其空隙。為了防止地下水的移動，以混凝土將運作坑洞及施工坑洞的入口緊密封閉，以隔離人和動植物的靠近。

與核能電廠同等級的耐震設計

為提高安全性，採用與核能電廠相同的耐震設計標準。為防止放射性外洩，將作徹底的封閉。無論如何，因為處置坑洞是在地下130公尺的位置，即使發生地震，因放射性外洩而造成環境傷害的可能性相當低。月城原子力環境管理中心因備有三重的防護牆，透過營運主體、政府徹底的安全管制和民間環境監視機構等多方環境監視，管制標準比照射1次x光（0.01毫西弗)的年劑量還低。

用過核子燃料管理法案的公開辯論結束

放射性廢棄物的有效處理和安全處置，為保護自然環境和優質環境能源資源之所必須。核能發電被評價為一方面可穩定且廉價生產．供應電力，一方面具降低二氧化碳效果，而在環境上具有最大的優勢和經濟性。南韓目前有97%的能源仰賴進口，因此核能發電的重要性日益升高。

因為這次低放廢棄物處置設施的開工，就急於取得輿論同意用過核子燃料的營運來說，意義重大。也就是說，間接成為推動用過核子燃料管理法案公開辯論的契機。

現在，南韓核能電廠內用過核子燃料的暫時貯存設施，預期將於2016年達到飽和狀態。在推動中期貯存設施的建造時，從選址階段到設計、許可、建造乃至營運為止，預期最短也要8年，所以現實上急需作成具體的對策。

從2008年開始，蔚珍核能電廠低放廢棄物暫時貯存庫行將貯滿。目前蔚珍、月光、靈光、古里等4所核能電廠所產生的低放廢棄物與用過核子燃料，都保存在核能電廠內的暫時貯存設施。

表1.韓國的用過核子燃料貯存量及可貯存年度

核能電廠	貯存量 (噸鈾)	可貯存年度
古里電廠內	2,253	2016 年
靈光電廠內	2,686	2016 年
蔚珍電廠內	1,642	2008 年
月城電廠內	5,980	2009 年
合計	12,561	

2007年6月底

這次以低放廢棄物處置設施的開工為契機，藉由這類問題的解決，期待對於今後核能電廠持續性的營運能有重大的貢獻。

南韓政府從2007年開始，由國家能源委員會轄下的公開議論管理專門委員會與其下屬的用過核子燃料公開議論實務委員會組成，就公開議論法案與中期貯存及最終管理法案進行辯論。在月城原子力環境管理中心建造結束後，於2007年設定內部公開辯論的方向，於2008年起由專家開始蒐集國民的輿論，推動正式的公開辯論，預計在2008年底提出管理法案的計畫。

南韓低放廢棄物處置設施場址經由透明且民主的手續，因有居民的高度支持而選

定，從此用過核子燃料管理問題也期待可透過公開辯論而將爭論化為最小，作為採取制度與法律措施的重要一步。

南韓有20座機組正在商業運轉

到2006年底，南韓的核能發電總共有20座機組(壓水式輕水反應器16座、壓水式重水反應器4座)正在商業運轉。核能發電設備容量為1,771萬6,000瓩，就設備容量而言規模為全世界的第6位，占南韓整體發電設備容量6,551萬4,000瓩約27%。2006年核能電廠的發電量為1,487.5億度，占總發電量39%。對於以核能作為主要發電來源，在電力供應上有重大的貢獻，且核能發電的利用率為92.3%，南韓已達世界性的水平。

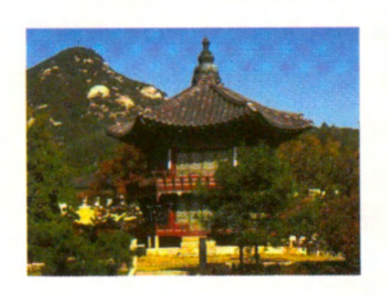
與此同時，為了因應供電上的需求，計有6座機組的核能電廠正在興建，且有2座機組正在作建造的準備。目前建造中的核能電廠是新古里1、2號機及新月城1、2號機，是南韓標準型(OPR1000)的改良型。正在計畫建造的新古里3、4號機及新蔚珍1、2號機則是進步型輕水式反應器1400型(APR1400)，比起既有的核能電廠，具有高度安全性和經濟性。

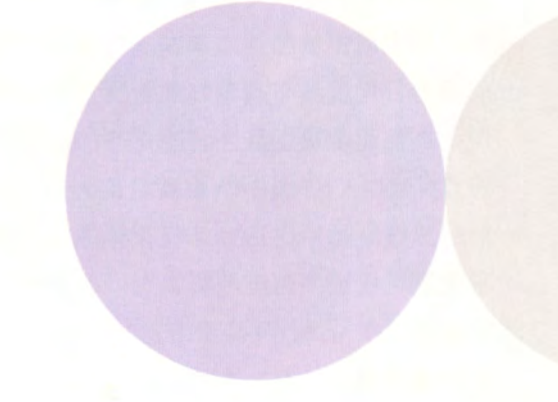
以經驗和技術伺機進軍國際

南韓國內的核能發電事業繼續以超過90%核能電廠的利用率，累積優良的技術和經驗，積極探索國外的核能發電市場。南韓期待藉由參與國外事業作為今後克服國內電力市場的成長瓶頸，而增加收益性以提高經營效率。

特別是透過與日本、法國、美國等核能先進國家圓融的合作，成為全球核能復興時代的一環而努力。南韓推動的核能發電海外事業，以中國大陸、羅馬尼亞、越南、印尼等核能新興國家為主要對象，這些國家對於南韓核能發電的營運技術給予相當高的評價。

資料來源：Energy Review，2008年4月號
（本文譯者為國立清華大學醫環系退休教授）





瑞士最終處置場選址的最・近・動・向

◆許俊男 譯

評估選址的方式

瑞士在2005年實施核能法，規定要依新的方式選定放射性廢棄物處置場的場址。場址的選定，要由州和地區的利益攸關者參與規劃，依公正、透明度高的「參與作業」加以評估進而選定。聯邦政府以「地層處置場特別計畫」策劃訂定新場址的選定手續和標準，到目前為止已公布草案。2007年秋天，該計畫達成最後決定；2008年春天，負有放射性廢棄物處置責任的國家放射性廢棄物處置專責營運機構（NAGRA）提案選出數個候選地區，並進行場址的選定作業。本文整理了瑞士放射性廢棄物處置的概要，以公布的特別計畫草案為基礎，說明即將實施的場址選定。

瑞士放射性廢棄物處置的概要

瑞士目前運轉中的核能機組有5座，2005年時核能約占總發電量45%。除了核能電廠產生的放射性廢棄物之外，醫療、產業、研究領域也產生放射性廢棄物。運轉核能電廠的電力公司及具有廢棄物處置責任的聯邦政府，為負起廢棄物產生者的責任，於1972年設立NAGRA。NAGRA負責處置所有種類的放射性廢棄物，從1970年代後半開始，為選定處置場場址而實施地質調查。在格林賽爾試驗場址(結晶岩)及泰瑞山岩盤研究所(沉積岩)，實施母岩的有效性研究。

NAGRA將放射性廢棄物區分為高放射性、長壽命放射性及中低放射性3種。瑞士法律規定放射性廢棄物都要進行地層處置，所以NAGRA採取分別設置高放射性長壽命和中低放射性廢棄物處置場的方式進行。

地層處置場特別計畫的背景、目的與內容

「地層處置場特別計畫」（簡稱特別計畫）是依據2005年由聯邦政府施行的核能法第5條所設置。在推動特別計畫時，工程若會造成地區及環境重大影響，聯邦政府將以都市計畫法為本，指示該工程具體的目標以及與其他計畫的協調方法。在此特別計畫下，公路、鐵路、機場等建設已進行規劃。

特別計畫是為了保證從地區開發的觀點調整所有工程的影響，讓受到影響的州與當地地區從早期階段就開始參與規劃作業。在特別計畫下，確定執行放射性廢棄物處置場選址時的基本目標、作業方式與標準等，依循規劃的方針進行選址。

依照特別計畫而選定場址

特別計畫是在聯邦政府的指導下由瑞士聯邦能源總署完成的，目前就公布的草案進行意見徵詢。依照特別計畫草案，藉由放射性廢棄物處置場選址的申請方式，可經下列3階段選定場址：

第1階段：
選定適合的複數候選場址地區(約2年半)

在第1階段，複數候選場址地區的選定要依安全技術標準及地區開發計畫的評估標準進行。

廢棄物產生者依照特別計畫所示的安全技術標準，進行複數候選場址的提案。由廢棄物產生者向瑞士聯邦能源總署報告選定候選場址的正當性。另一方面，瑞士聯邦能源總署接受來自廢棄物產生者的提案，並聯絡相關的州和地主。對於被提案候選場址的地區開發計畫的可適性評估，在廢棄物產生者及州相關機構的合作下，由瑞士聯邦能源總署及國土計畫廳執行。瑞士聯邦能源總署接受此結果後，進行綜合性的評估和意見徵詢。由聯邦政府進行候選場址地區的核可手續，核可後就將候選場址納入特別計畫中。

第2階段：
選定2處以上的候選場址(約2年半)

在第2階段，為反映當地的意見而開始進行參與作業，至少要選定2處以上的候選場址。

聯邦能源總署為進行參與作業，於候選場址地區設置參與小組，由一般市民及民間關心團體所組成。參與小組針對設置處置場的影響、安全性、健康、環境、經濟、地區支援方法與補償進行討論；並就處置場計畫應有的形式、地表設施的地點等問題提出建議。廢棄物產生者依照參與小組的建議與地區開發計畫標準的評估結果，至少提案2處候選場址，並各別實施場址的暫時性安全評估。廢棄物產生者向聯邦能源總署提出候選場址的選定完成報告書，由管制機關就安全與地區開發計畫兩方面進行評估。聯邦能源總署將這些結果納入考量，實施綜合性的評估與意見徵詢，進行核可手續。核可之後，將候選場址納入特別計畫。

第3階段：
決定處置場場址及核可手續概要(4-6年)

在第3階段，選定1處處置場場址，進行場址和已決定要處置的廢棄物種類的概要性核可申請(依照核能法須由聯邦政府發給許可)。

在第2階段所設立的參與小組，繼續參與規劃社會經濟性的調查和概要性核可的申請作業，就社會經濟性的評估、補償的支付等進行提案。廢棄物產生者在多數候選場址進行調查，蒐集各場址地質學方面的資訊。依據這些資訊，從安全的觀點進行場址之間的比較。廢棄物產生者提報1個處置場場址，將選址有關的報告書連同概要性核可申請所需的環境影響評估計畫書等提交聯邦能源總署。聯邦能源總署就選定的場址進行意見徵詢。依照法令規定審查所提出的概要性核可的申請，由聯邦政府評斷是否發給概要性核可。此時，場址當地州所顧慮的事項已盡可能地充分考量，一旦發給概要性核可即已完成選址程序。

後續的規劃

NAGRA預定2008年春天可進行候選場址提案，提案以後，經過第3階段的選定過程，在2020年時可決定處置場場址及發給概要性核可。根據2020年的建造許可手續，可進行地下設施的建造作業及處置場作業許可的申請。於發給處置場的作業許可之後，在2030年及2040年以後，可望分別開始中低放射性廢棄物處置場和高放射性・長壽命廢棄物處置場的作業(表1)。

資料來源：原子力eye，2007.11，vol.53, no.11, pp.32-34
（本文譯者清華大學醫環系退休教授）

表1. 瑞士放射性廢棄物處置的時程

手續		時期	內容
地層處置場特別計畫	特別計畫的制定	2007年	聯邦政府認可特別計畫
	特別計畫的實施	～2014年／2016年	・基於特別計畫所示的標準，針對高放射性廢棄物(高放)及中低放射性廢棄物(中低放)處置場分別選定複數的候選場址(約2.5年) ・依社會經濟的影響調查、地區開發計畫等的評估，選定2處以上的處置場候選場址(約2.5年) ・準備及提出高放及中低放各別處置場候選場址的選定、概要性核可申請書(因應需要進行地球科學的調查)(2.5-4.5年)
	概要性核可手續	～2018年／2020年	聯邦政府分別發給高放及中低放概要性核可(約1.5年)
			分別就高放及中低放概要性核可的發給，經聯邦議會認可、國民投票表決(約2年)
建造許可手續		～2022年／2028年	分別就高放及中低放進行建造許可手續、因應需要的地球科學調查(4-8年)
地下設施特性調查、地下坑道的建造作業、作業許可		低放 ～2028年／2035年	針對低放地下設施的建造與作業準備(約4年)，地下設施的特性調查作業(約3年) 處置場作業許可申請書的製作與準備
		高放 ～2038年／2045年	針對高放地下坑道與地下設施的建造(約7年)，地下設施的特性調查作業(約10年) 處置場作業許可申請書的製作與準備
開始作業		低放 ～2030年以後	低放處置場開始作業
		高放 ～2040年以後	高放處置場開始作業

依「地層處置場特別計畫」草案製作而成

G8會議見證核能逐漸竄紅 預設2050年前減碳一半

◆ 編輯室

在日本北海道舉行的G8高峰會，目前正在協商設定2050年前減碳一半的目標。雖然各國對於公開為核能背書稍作保留，不過G8工業國指出，越來越多的國家將核能視為抗暖化工具。

於2008年7月9日結束的八國高峰會，參與國有加拿大、美國、德國、法國、英國、俄羅斯、日本、義大利和歐盟執委會的主席。

八大工業國代表在環境與氣候變遷聲明中呼籲，全球在2050年前應至少減碳一半，並且要求聯合國氣候變化綱要公約簽約國考慮採用此目標。八大國在聲明中反求諸己，認為自身應帶頭示範，實施具企圖心且宏觀經濟的中期目標。聲明清楚指出，回應碳排放問題是全球性的議題。

氣候暖化問題日益嚴重，八大工業國中只有德國未公開支持廣泛使用核能，但聯合聲明還沒有公開為核能背書。聲明指出，八大工業國見證越來越多國家，對把核能發電視為抗暖化和能源保安的工具興趣濃厚。八大工業國表示，他們將著手進行「以3S為基礎」的國際核能架構方案 。

3S係指核不擴散的保防(Safeguards)，安全(Safety)和保安(Security)。由東道主日本提出的G8提案表示，由於越來越多國家轉向或考慮核能，有需要建立3S的共識。提案將會和國際原子能總署的活動作橫向連結。



脫隊的德國

白宮環境品質委員會主席在會議中指出，「以我的觀點來看，如果我們除了想認真面對減碳問題之外，也想藉由減低空氣污染，改善民眾健康，那麼有能力、負責任地使用核能的國家，便有責任利用核能。」不過梅克爾在會議外圍極力表態，指出核能並非萬靈丹。根據國際先鋒報報導，梅克爾說，「我不認為保護氣候是單以核能議題來看，就能決定的。」

德國由於實行廢核政策，在義大利和英國政府聲明擁核後，現在成為G8裡的孤鳥。梅克爾總理個人雖不同意國家的廢核計畫(她曾公開承認決策錯誤)，但德國聯合政府的態度讓G8會議，有了不同調。

資料來源：WNN 07/08/2008
http://www.world-nuclear-news.org/EE_G8_bears_witness_to_growing_nuclear_interest_0807087.html

德國總理：淘汰核能錯了

◆ 編輯室



德國總理梅克爾日前以「根本錯了」來形容該國關閉核能電廠的決定，這是截至目前為止，她對核能政策所發表過最強烈的言論。

梅克爾在2004年以基督教民主黨黨魁之姿上任，與社會民主黨共組聯合政府。但她仍繼續沿用由前任總理施洛德的社會民主黨主導、包含綠黨的聯合政府主張的「排核法」。

然而根據德國媒體的消息，在基民黨內部會議上，梅克爾表示，淘汰核能的決定「根本錯了」。為了回應社會對於停止使用燃煤和核能發電廠的需求，梅克爾日前曾徵求各界對能源政策的建言，火力發電和核電占德國73%的發電比例。

梅克爾6月9日在巴伐利亞省與法國總統薩科奇共同召開的記者會當中，被問及排核政策將持續的時間。她表示，以她立場很難回答這問題，隨後並提醒在場人士，聯合政府另一黨—社會民主黨仍支持廢核。

梅克爾政黨在德國聯合政府中也許占有主導地位，但是聯合政府另一黨社會民主黨仍緊咬廢核政策不放。她指出，她個人的信念並不足以動搖聯合政府的決策。

梅克爾強調，德國在八大工業國中被孤立於核能議題之外，尤其義大利和英國政府修正政策後，更公開支持核能。她進一步指出，記者會所在地巴伐利亞省6成電力來自核能，「雖然我們的核能電廠很安全，是世界優等生之一」，但核能電廠12年內就要停止運轉了。

德國反應器在「國際核子工程」聯盟中包辦前8名， 發電量最多。另一方面，德國某機組並曾創下負載因子(load factor)世界第一的紀錄，在18.5年的運轉生涯中，達到平均93.4%的紀錄。(譯註：在給定時間間隔內，電廠實際提供的能量與最大功率額定值和該時間間隔的乘積的比值，即：

$$負載因子=\frac{電廠實際提供的能量}{最大功率額定 \times 時間間隔})$$

梅克爾結論指出，一定要再次重新討論核能發電的議題。

德國將在2009年9月選出新政府。德國媒體推測，梅克爾的基民黨可能會與支持扭轉廢核政策的自由民主黨搭檔角逐選戰。

資料來源：WNN 2008/06/10
http://www.world-nuclear-news.org/NP_Merkel_Nuclear_phase_out_is_wrong_1006081.html

法國分析四川地震影響

◆編輯室

法國研究單位針對四川地震，公布對中國大陸核能電廠可能的影響分析。

法國輻射防護暨核子安全研究所公布，5月12日下午2:28襲擊四川規模7.9（隨後上修為8級強震）的地震分析。地震震央位在四川省會成都市西北方80公里處。強烈震動破壞力強，導致多人傷亡。綿陽縣約有80%的房屋遭破壞，某所學校倒塌時瞬間造成千人死亡。整體來說，預估有12,000人死亡，18,000人失蹤。(譯註：根據中國民政部統計，至6月22日為止，四川汶川地震已造成6萬9181人罹難，1萬8522人失蹤)

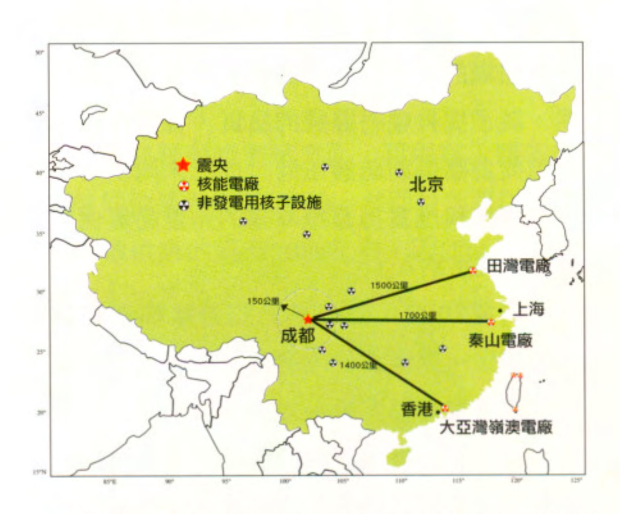
據新華社報導，四川省什邡市有兩座化學工廠倒塌，導致80噸氨水外洩到廠外。官方人士表示，離成都600公里的三峽大壩並未受損，而中國國家電網公司指出，當四川和陝西省發生停電情形時，電力驟降550萬瓩。

中國大陸4處核能發電廠址：田灣、秦山、大亞灣和嶺澳均離震央有1,400-1,500公里之遠。法國輻射防護暨核子安全研究所分析美國地質調查資料顯示，地震當時4處廠址感受到的加速度速率，不會超過20公分/平方秒。法國研究單位進一步指出，這批反應器不大可能會有重大損壞，不過中國大陸官方尚未證實這項消息。

然而，有數部研究用反應器和核子燃料製造場址非常接近震央，甚至離震央不到100公里。法國輻射防護暨核子安全研究所表示，距震央70公里處得到的數據，加速度速率為250公分/平方秒，不排除這些設施有受損的可能。

核能發電廠是全世界最堅固的建築結構之一，強化混凝土的結構為其特色。每座電廠均通過認證，可承受特定程度以上的加速度速率而無明顯損傷，並同時維持核能安全運作。2007年7月日本柏崎刈羽電廠因地震而震動，其後果是介於上述二規範之間。前段所述的中國大陸7部反應器安全無虞，但有大範圍的輕微損傷。目前官方對這批機組的檢核仍在進行中。

資料來源：WNN 2008/05/14
http://www.world-nuclear-news.org/RS-Analysis_of_Chengdu_earthquake_1405081.html



四川地震跟田灣、秦山、大亞灣、嶺澳和各種非發電用的核子設施距離 (來源: 法國輻射防護暨核子安全研究所)

核醫藥物與輻射應用的發展

◆李若燦

我國實施醫療曝露品質保證作業的現況

由於新的醫療設備日新月異，使用放射性診斷或治療的儀器也日益普及，導致國民背景輻射逐年攀升，醫療曝露的劑量開始受到重視，國際放射防護委員會(ICRP)在2007年公布了ICRP-103號報告，其中第7章即專門討論醫療曝露的劑量。

醫療曝露的劑量品質保證作業，簡單的說，就是為了保護就診民眾，所採取的最適化醫療曝露的劑量管理措施。在診斷方面：每一種放射性診斷儀器都應該訂定診斷參考劑量，使醫師依據此項診斷的輻射風險及效益來判斷是否適宜接受此項診斷。在治療方面：應使病患應治療的部位接受正確的劑量，避免因劑量偏差影響療效，或避免因正常組織的部位接受不必要的劑量造成副作用。為了提昇輻射醫療的品質，我國在1998年草擬游離輻射防護法時，即已未雨綢繆，將醫療機構應實施醫療曝露的劑量品質保證計畫的規定納入。

依據2002年公布實施的游離輻射防護法的規定，原能會已陸續實施鈷60遠隔治療機、直線加速器、近接治療機、加馬刀、電腦刀及電腦斷層治療機的醫療曝露品質保證作業。又國內乳癌發生率已躍居女性癌症排名第1位，乳房攝影為乳癌早期診斷最佳方式，衛生署國民健康局近幾年來積極推動實施50-69歲婦女的乳房攝影篩檢工作。有鑑於乳房攝影的輻射曝露品質對乳房攝影篩檢的影響甚鉅，原能會已規劃自97年7月起將乳房攝影x光機納入醫療曝露品質保證作業，將使每年大約有13萬接受乳房攝影檢查的婦女獲得更佳的診察保障。我國的作法與ICRP 2007年報告中醫療曝露的劑量管理意旨相符，受到國際間相當的矚目。

韓國的輻射及同位素研究發展快速

韓國的輻射及同位素應用推廣，自1997年即積極的有系統、有計畫的投入經費並培植人才，投入的經費以教育科技部為主。1997年推出第1個5年政策及財務規畫，並在2002年及2004年宣布執行第2個5年政策及培植人才計畫；2007年宣布第3個5年政策，並成立韓國先進輻射技術研究所以及韓國輻射及醫藥科學研究所。此外將成立亞洲癌症中心，並在全國成立5個區域型但各具特色的輻射及同位素應用園區，自2007年起至2011年，每年投入的經費將由3億5千萬美元成長至5億美元。最近有關美國、日本及韓國的輻射相關產品占國民所得的比例如下表：

表1：輻射相關產品規模占國民所得的比例

	規模	占GDP比例	備註
美國	1,190億美元	1.4%	工業產品占50%
日本	520億美元	1.2%	工業產品占70%
韓國	120億美元	0.17%	

由上表可看出韓國的企圖心強烈，頗有向美國及日本迎頭趕上的態勢。

核醫藥物的發展趨勢

近年來，核醫藥物有逐漸由診斷轉向診斷與治療結合以及專注於治療的趨勢，朝向使用高線性能量轉移的放射性同位素，增加標靶的選擇性、藥物的穩定性與體內的排除速度。高線性能量轉移藥物例如會放射α粒子的同位素鉍213比會放射β粒子藥物的能量高300倍，對治療目標細胞的毒性高，可在較短時間內殺死癌細胞及腫瘤細胞血管。此外，如錫-117m同位素放出的奧杰電子（Auger）與轉換電子具有高癌細胞殺傷力，但是對正常組織的影響遠低於β粒子。

迴旋加速器、正子掃描儀以及正子電腦斷層掃描儀的應用愈來愈廣，含FDG葡萄糖的正子電腦斷層攝影藥物是目前最精緻、最優異的癌症診斷技術，藉由氟18 FDG葡萄糖代謝找出並分辨隱藏的腫瘤為良性或惡性。以美國為例，正子掃描儀藥物過去5年每年以80%的速度成長，非正子掃描儀藥物的年成長率只有9%。含FDG葡萄糖的正子電腦斷層攝影藥物幾可取代其他的核醫診斷藥物。國內目前有30所正子掃描儀中心，相較於日本的360所以及韓國的100所，未來仍有相當大的成長潛力。

正子掃描儀藥物的應用研究也愈來愈受到重視，不只在分子影像方面，在基礎生命科學方面，例如人體內輸送物的研究、腦部化學、心臟動脈粥樣硬化評估、基因治療等等，均為新興的研究方向。未來將由生物指標劑的角色進展至治療與診斷的結合影像，以至於發展出個人化的放射性標靶治療藥物。

癌症病人使用輻射治療的比例，在美國已經高達50%，韓國的統計亦達25%，國內不知是否有這方面的統計資料，相信亦有相當大的成長空間。

在放射免疫檢驗方面，應用於體外的放射免疫檢驗試劑於韓國的使用量相當驚人，以首爾一家醫院為例，其放射免疫檢驗件數每月即高達10萬件，實驗室計有18位技術人員，8台計數器，2台全自動型放射免疫檢驗設備。由於放射免疫分析是一種輻射量極低、低成本、高準確度的安全簡易檢驗方法，因此韓國乃積極研製放射免疫分析檢驗試劑與自動化的加馬計數器，其蓬勃的發展令人印象深刻。

在核醫藥物製造方面，可用在人體的放射性同位素大約有100種，然而目前可以穩定且廉價供應的僅有20種左右，因此，如何增進放射性同位素的生產、合成、以及採用自動化製程降低成本與增加供應量，也是一個重要的發展領域。

在輻射生物效應的研究方面

輻射的生物效應究竟是線性或是有閾值，仍然是討論的焦點之一。人體對輻射的

反應相當複雜，主要取決於輻射的種類、組織所接受的能量、照射頻率、自我保護機制的調節以及個人基因的差異性。每個人對輻射的感受度皆不盡相同，藉由鑑定因輻射照射所引發的癌細胞的特殊基因變化，與自然罹患癌症者的基因變化加以比較，就可以分辨癌症是否因輻射曝露所引起，韓國及葡萄牙的學者皆發表了初步的研究成果，此項研究如有突破性的進展，將有助於釐清低劑量輻射是否可以引發癌症，這將是輻射流行病學研究的一大成就。

輻射科技在其他領域的應用

除了在核醫藥物的應用與發展外，放射性同位素也廣泛的應用在現代的生物科技，例如滅菌與消毒、培育新的高產量及抗旱的植物品種、農藥應用於作物的評估、生物晶片、動物藥物等等。在全世界面臨食物短缺之際，這些現代生物科技格外顯得有意義。

至於在工業上的應用包括一般量測、貨櫃檢驗、流程診斷與掃描、矽晶照射、聚合物分析與環境保育及復舊等等。一項新的工業數位影像技術，已可使用極為靈敏的電子偵測器成功的取代傳統的工業放射檢驗所使用的軟片，但是使用的輻射只須原本的千分之1，在輻射安全及影像管理方面將更為簡便，可 是一項重要突破。

結語

2008年5月11日於韓國首爾華克山莊舉行的第6屆國際同位素大會，會中所揭示的主旨：「輻射不再是一項恐懼或絆腳石，而是一項龐大的商機，也是增進人類福祉的有效利器」。筆者於會中發表「我國醫療院所放射性安全與放射性廢棄物管理」論文一篇，報告的重點在介紹我國實施醫療曝露品質保證作業的現況、放射性物質與其廢棄物的管制以及實施可發生游離輻射設備進出口通關與輻射安全管制電子化的概況。核醫藥物與輻射應用的發展潛力及對國民健康與經濟上的效益是不可限量的，如何因應此趨勢，積極規劃出國內核醫藥物與輻射應用的發展藍圖，結合現有的研究能量，成立一個具有製藥、藥理、臨床應用專長的全方位研究團隊或機構，寬列研究經費培植人才投入資源，協助通過法規的管制，研發出廉價的新製劑推廣其應用，增進國民的福祉，都是我們必須加以深思後付諸行動迎頭趕上的。

(作者任職於原子能委員會輻射防護處)



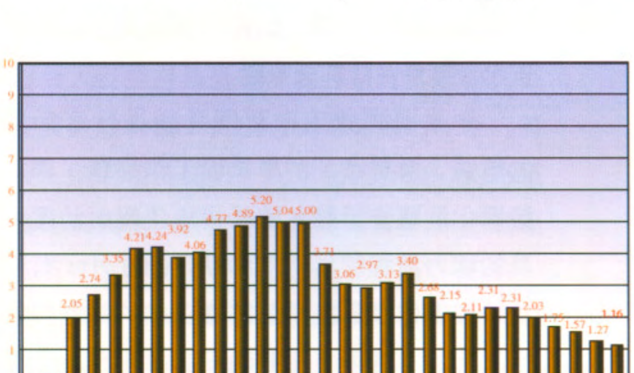
由會場華克山莊俯瞰漢江

核一廠輻射安全績效與作為

◆ 編輯室

台電公司核一廠自民國67年商業運轉以來提供穩定廉價的電力，奠定我國經濟發展的基石。為了達到輻射安全的目的，多年來該廠致力於輻射防護計畫的規劃、執行、管理，以提升輻射安全績效及抑低人員集體劑量為目標。由歷年的集體劑量實績趨勢，可以顯現出核一廠近年來在輻射安全管理上的優異成果，除保障我國核能發電的卓越聲譽之外，進而得與全世界的先進國家並駕齊驅。

多年來核一廠的輻射安全績效亮麗，不僅未發生任何輻射事故，民國96年核一廠的3年平均集體劑量值已降至每部機1.14人西弗，與美國沸水式機組相比較是同燃料週期的第1名，並已達美國核能運轉協會(Institute of Nuclear Power Operations, INPO)卓越族群(INPO Best Quartile)的同等位階與榮譽。97年2號機第22循環結束後(EOC-22)大修的集體劑量值0.868人西弗，締造出核一廠商轉30年以來的新低紀錄。工作人員體表污染達調查基準率也僅有0.0097%，不僅顯示優質的大修輻射安全管理績效，更充分展現保障工作人員輻射安全的具體優質成果。



附註：民國85、88、91、94年均執行兩部機大修

圖1.核一廠歷年集體劑量趨勢圖(西弗/年)

核一廠的不凡抱負

核一廠將「名列全世界沸水式核能機組的前10名族群」列為其輻射安全管理的視野，並將邁入世界核能經營者協會(World Association of Nuclear Operators, WANO）前1/4的卓越族群，列為其近程挑戰的目標。

至於如何達成上述目標，核一廠保健物理組張繼聖經理表示，管理者必須把眼光放遠，更應該引導團隊達成一致的方向與目標。該廠的輻射安全管理策略是採「顧客導

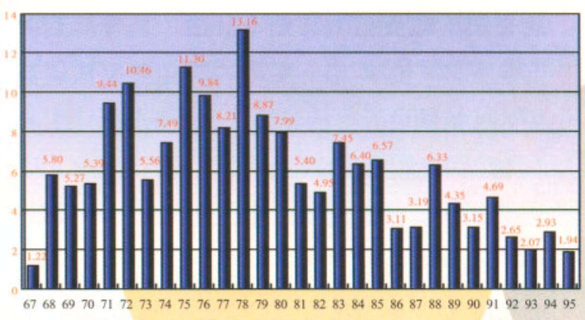


圖2.核一廠3年平均集體劑量趨勢圖(西弗/機組)

表1. 2007年核一廠與美國18個月燃料週期機組的集體劑量比較表

機組	百萬瓦電	3年平均集體劑量值/機組	排名
Chinshan(核一廠)1/2	636×2	1.14	1
Hope Creek 1	1170	1.26	2
Grand Gulf 1	1288	1.38	3
River Bend 1	1065	1.42	4
Vermont Yankee 1	540	1.44	5
Fermi 2	1217	1.46	6
Cooper 1	836	1.97	7

向」、以「管制為體」、「服務為用」的營運行動與價值，更藉由前瞻性的風險管理，營造工作人員尊重安全的優質文化素養，進而得以實踐安全文化的總體目標。

特殊的管理性策略

張繼聖經理藉其豐富的國際經驗（亞洲首位WANO認證合格的核能營運安全評估員及WANO東京中心的同業評估與運轉經驗專案計畫經理），創立「主動輻安認養服務」計畫與「輻安自我評估」計畫，領導其輻射安全團隊，保障核一廠輻射安全並創造優質績效。這兩項計畫的設計理念重點是：

1. 確保不發生輻射事故
2. 個人與集體劑量的合理抑低
3. 持續改善，鞏固輻射安全體質
4. 創造卓越營運績效

在做法上則秉持著「風險管理」、「安全管制為體」、「顧客服務為用」的理念和行動，務實地展現在電廠營運的各項行動中。「主動輻安認養服務」可使輻射防護人員由傳統式、被動式、不易被認同、但卻朗朗上口的輻射偵測與管制，轉變成積極深入地參與電廠運轉與大修的重要工作團隊；藉由事前主動地深入了解所認養工作的內容、流程、細節，藉輻射安全的專業知識，前瞻性地發掘工作過程中潛在的輻射危險因子，設妥輻射安全屏障，以完成重要工作的輻射安全及劑量合理抑低照護。

作業期間與工作部門持續進行客戶間的溝通，尊重彼此的專業與工作經驗，尋求最適化的輻安行動。這些措施使輻射防護人員的能力與經驗獲得潛移默化的提升，有助於這些工作及日後輻射防護工作的規劃與執行。此外，各項「主動輻安認養服務」工作完成後，各認養人建立該認養工作的書面認養紀錄以及「輻射防護工作指引」，提供即時的輻防作業經驗傳承。這些具有「知識管理」價值的投資，正持續在核一廠保健物理組的網頁中發揚光大。

核一廠為追求卓越的輻安績效，仿傚WANO同業評估的做法，建立內部的輻射安全自我評估及品質管控制度。以觀察「行為表現」為評估作業基礎並以電廠129程序書及WANO同業評估所使用的「行為表現目標與導則」為評估標準。機組大修及運轉期間均為評估時機，作業方式包括輻射防護人員的「現場作業觀察」、「資訊追蹤」、「觀察報告製作」、「資訊歸納」、「肇因分析」等要項，除立即改善所發現的偏失情況外，更定期藉所發現的問題與肇因，制定深度改善策略與行動，持續提升該廠的輻安管理品質與防禦深度。

「主動輻安認養服務」和「輻安自我評估」兩項作為不僅將輻射防護照護積極地融入各項高輻射風險及高劑量的工作中，並即時查驗輻射安全措施的合宜性以及工作環境與人員的行為偏差，並在探討其成因之後擬訂改善行動，持續強化電廠輻射安全的體質。這兩項特殊的作為均已被WANO列為績優作業典範，供世界各核能電廠參仿(主動輻安認養服務WANO Good Practice TYO 05-01、輻安自我評估WANO Good Practice TYO 04-01)。

組織內部溝通

組織內部的有效溝通不僅是建立同儕間互信、互重的橋樑，更是領導團隊齊心一志的必要投資。因此，核一廠保健物理組強調並持續執行的團隊「例會」，已營造出由團隊成員共同參與並領導電廠的輻射安全事務，更藉無障礙的溝通環境來導引建立每一位成員對於核一廠的向心力，以及對於全廠輻射安全責任的歸屬感。每天下午3:45分或大修期間的3:30分，所有輻射安全幹部齊聚一堂分享當日重要的輻射作業與行動、向團隊提出協助需求、討論近程工作、共同決議管理決策等。數年如一日，以每天15分鐘的時間換得的是非金錢價值所能衡量的管理行為與績效。其他如團隊成員間電子郵件的即時聯繫、各輻射安全管制站的每日例會、走動訪談等管理行為更具立即查知並解決問題的有形價值。

國內、外輻安經驗回饋與傳承

「凡走過，必留下痕跡」，優良的經驗傳承能使電廠的輻射安全能做得更精緻，失敗的負面經驗更能使大家建立警惕之心，避免再次地犯錯。核一廠在其保健物理組的網頁中，納入並即時更新主動輻安認養服務紀錄、輻射防護工作指引、大修經驗回饋、WANO輻安事故經驗報告（已譯成中文摘要並列舉防範再發生的具體行動），不僅提供傳承的知識管理內容，更可在執行相似作業之前做為立即參考的安全作業指引。「施比受更有福」，核一廠從不吝嗇將成功與失敗的經驗做廣泛的分享。透過WANO運轉經驗計畫、廠處聯繫會議、專業研討會等機會，

將作業典範及事故的肇因與改善策略無私地提供給核能工業界，期望做為同儕間的他山之石。

輻射安全的核心價值與達成使命的關鍵因素

積極防範輻射事故的發生、創造以顧客（輻射工作人員、民眾）為尊的劑量抑低成果、營造全廠一致對輻射安全的歸屬感、展現並支持核能營運的優質聲譽，是核一廠輻射安全管理的核心價值。「當我們追求的是安全，我們一定會獲得績效。但是如果我們追求的是績效，則災禍將隨之而至」。安全是一步一腳印的認知與實踐。具有專業知識是一回事，必須要按照電廠的規範、標準、流程、防誤行動，把對的工作、該做的工作在第一次就妥善地完成。這就是核能從業人員的基本素養，更是安全文化的基石。而管理者的視野、決心、託付、行動則是創造此核心價值的根本。

長久以來，輻射安全的核心價值一直缺乏肯定的定位，工作人員也不一定體認輻射防護人員能協助他們、保護他們來防範過度輻射曝露所可能造成的潛在生理影響。因此，在象牙塔裡的保健物理人每天依舊習慣於做他們的輻射例行偵測、現場管制，電廠輻射安全計畫的價值也就一天一天地被漸漸隱藏起來了。自從張繼聖經理領導核一廠輻射安全團隊以來，他努力地利用這些特殊的管理作法，帶領著半信半疑的輻射防護同仁們，使工作人員「信任輻射安全的用心與行動」、「體察被尊重的感覺」、「感受接受輻射安全服務的成果」、「體會遠離污染和輻射劑量的安全感」。在這些營造輻射安全價值感與成就感的過程中，有形地把劑量抑低的重要技術性策略「輻射源移除」、「輻射屏蔽應用」、「善用低輻射環境」、「作業區域調整與遷移」等作為，融入成保障電廠工作人員輻射安全與劑量抑低的基本功夫。

後記

核一廠推動輻射安全的管理與作為不遺餘力，對落實國內原子能安全具有積極正面的貢獻。更值得一提的是，張繼聖經理因致力於推動輻射安全管理，展現出令人激賞的輻射防護績效，於96年12月獲得中華核能學會頒發的「第4屆原子能安全績優獎」個人獎，深獲核能界的肯定。

核四廠工程 進度報導

◆編輯室

核四工程總進度至97年6月底為81.59%（註1），較97年5月底進展0.97%，各分項工程進展詳如下表：

	總進度	設計	採購	施工	試運轉
比例	100%	19%	15%	58%	8%
1號機	86.63%	96.30%	99.97%	86.00%	43.20%
2號機	76.13%	90.78%	99.25%	73.43%	17.55%
合計進度	81.59%	93.65%	99.62%	79.97%	30.89%

註1：依行政院於95年8月21日核定本計畫第1、2號機商轉日期調整為98年7月15日、99年7月15日(相關數據由台電公司提供)。

資料來源：http://www.aec.gov.tw/upload/1215662361LM9706.pdf



圖1. 1號機高壓汽機安裝作業



圖2. 1號機汽機連接軸安裝作業

97年第2季
台灣地區環境輻射監測報導

◆ 編輯室

為確保核能電廠周圍民眾健康與安全，原能會所屬輻射偵測中心執行環境輻射監測計畫，定期採取核能電廠周圍環境的空氣、水樣、土壤、岸沙、生物與農畜產物等試樣進行各項放射性核種分析。

為使社會大眾能清楚了解本中心在本季執行核一廠、核二廠、核三廠的環境監測情形，以簡易圖形來表示各類試樣測值與歷年監測結果進行比對，各項監測結果分述如下：

直接輻射

在各核能電廠周圍環境布放熱發光劑量計（TLD）來度量環境中直接輻射劑量率，本季核一、二、三廠的輻射劑量率介於0.037至0.069微西弗／時，均在環境背景變動範圍內，與歷年監測結果的比較結果，如圖1所示。另外，在全國設置28座輻射自動監測站，全天候24小時自動化監測環境輻射量，地點分布與監測結果，如圖2所示。

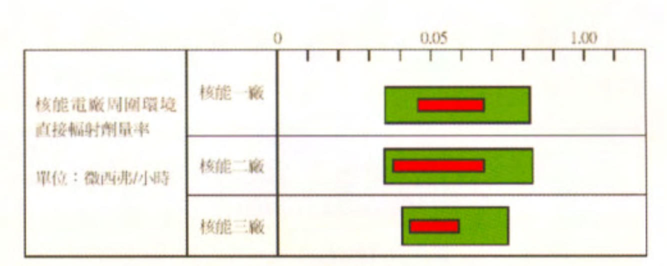


圖1. 核能電廠周圍環境直接輻射劑量率與歷年監測結果比較圖

環境試樣放射性分析

（一）空浮微粒

在核能電廠上、下風向設置定流量連續抽氣機，採取空氣試樣進行放射性核種分析，總貝他活度均低於放射性落塵警戒值（9×10^{3}毫貝克／立方公尺）。

（二）水樣

我國核能電廠均利用海水作為冷卻水，因此定期採取海水及淡水（飲用水、河川水、地下水、池水）試樣進行放射性核種分析。氚活度小於最低可測活度（MDA）至0.86貝克／升，在環境背景變動範圍內，與歷年監測結果的比較結果，如圖3所示。

（三）農畜產物、海產物

為了解在核能電廠所在地民眾攝食的輻射安全，採取農畜產物、家禽類、葉菜類、甘藷與季節性試樣；另外也在核能電廠出水口與鄰近海域生採取海魚、海藻及貝類等試樣進行放射性核種分析。本季在農畜產物銫-137活度小於最低可測活度（MDA）至1.0貝克／千克。海產物銫-137活度均小於最低可測活度（MDA），與歷年監測結果的比較結果，如圖4所示。

（四）累積試樣

為了解放射性核種在環境中長年累積的



圖2. 環境輻射監測站設置地點與監測資訊公布

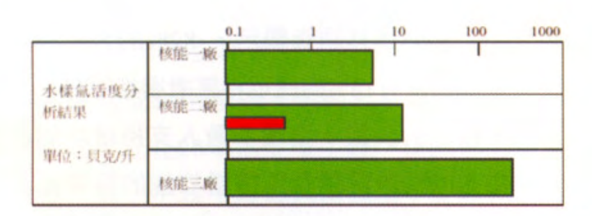


圖3. 核能電廠周圍環境水樣氚活度與歷年監測結果比較圖

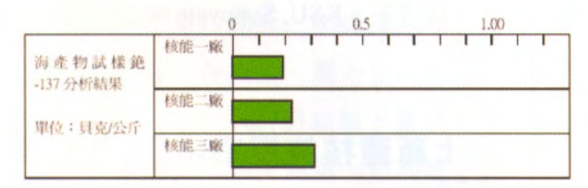


圖4. 核能電廠出水口與鄰近海域海產物試樣銫-137活度與歷年監測結果比較圖

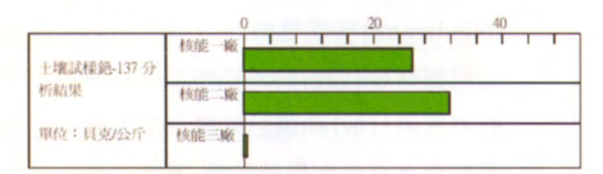


圖5. 核能電廠周圍土壤試樣銫-137活度與歷年監測結果比較圖

變動情形，採取土壤、岸沙試樣進行放射性核種分析。本季土壤試樣銫-137活度均小於最低可測活度（MDA），土壤試樣與歷年監測結果的比較結果，如圖5所示。

結語

綜合本季各項環境試樣的監測結果，均在環境變動範圍，評估各核能電廠周圍民眾所接受的輻射劑量，均符合法規劑量限值，無輻射安全顧慮。民眾可透過輻射偵測中心網站http://www.trmc.aec.gov.tw查詢全省各地即時監測資訊。

核能新聞

國・外・新・聞

法國公布新反應器計畫

法國總統薩科奇在一場能源政策演說中表示，跟隨弗萊曼維爾核能電廠在2012年將上線的腳步，法國將興建第2部165萬瓩的歐洲壓水式反應器。場址將於2009年出爐、2011年動工。薩科奇指出，歐洲壓水式反應器發電成本比天然氣或燃煤少3到5成，「核電是前所未有的未來產業，也是相當重要的能源。每部歐洲壓水式反應器若能替換天然氣發電，每年將節省20億立方公尺的天然氣；替代燃煤發電，每年可減少1,100萬噸的碳排放。」然而，能源保安仍是法國能源政策35年來最根本的核心，因此核能占法國發電比例78%。

同時間，法國核能龍頭亞瑞華公司的子公司宣布，將提高包含大型反應器壓力槽核子重組件的投資。因此除了日本製鋼公司之外，歐洲壓水式反應器零組件又多了一家供應商。亞瑞華公司的重組件投資，是最近席捲歐洲、北美和東亞各地的核能重組件，產能擴大投資風潮之一。較早6月時，三菱重工宣布將把大型核能電廠組件產能擴充一倍，尤其是反應器壓力槽生產線。WNN 07/03/2008, 06/09/2008

美國能源預測：核能容量上升

美國能源資訊局公布2008年年度能源觀測報告。在參照情境設定中，核能容量從2006年的1.002億瓩，到2030年將提升到1.149億瓩。增加的1,470萬瓩容量，含現有核能電廠功率提升270萬瓩、1,700萬瓩的新反應器容量和450萬瓩反應器除役。預計在2020年前會有800萬瓩的新反應器容量，這些新容量可享有2005年能源政策法案的稅務優惠。2008年的新發電容量預測比上年度多了1/3，能源資訊局預估，在其他兩種參照情境中，2030年前將多了2,830和3,160萬瓩的核能容量。EIA AEO 06/26/2008.

瑞典民意擁核

瑞典民意調查顯示， 82%的人支持核能發電，只有15%的民眾希望繼續進行1980年淘汰核能的決議。這項多數人支持核能的民調中，40%的民眾希望擴增核能的發電量，而42%的民眾傾向只繼續營運現有的電廠，不要再新建機組。KSU, Synovate 06/24/2008.

瑞士新建核能電廠申請 深獲地方支持

瑞士能源公司Atel公司日前送交寧德姆(Niederamt)核能電廠的申請案。新廠靠近該公司握有4成股份的哥斯根核能電廠。該廠預計將採用110-160萬瓩的進步型反應器，備有可把用水量降到最低的乾-濕混合冷卻系統。建廠經費大約為37-45億歐元，2020年後可啟用。新廠計畫深獲當地居民支持，去年當地

議會甚至籲請政府儘速在寧德姆建廠。Atel 06/10/2008.

美國申請雅卡山處置場執照

美國能源部向核子管制委員會正式送交文件，申請建造和營運計畫已久的雅卡山高放射性廢棄物處置場。雖然現有文件已經多達8,600頁，但還是需要在今年稍晚補充美國環保署的公眾輻射曝露標準。雖然雅卡山設施所在地內華達州抗爭不斷，但美國核管會預計還需要3年審核申請案，能源部希望能在2020年開放設施。

經過24年的長期研究，雅卡山場址在2002年通過成為用過核子燃料永久處置場。雖然美國早已在20年前立法生效，能源部應從1998年開始把核子設施內用過核子燃料移出，並且在中央處置場當廢棄物處置。不過處置場到現在都還沒開放，中央政府就已經付出多筆補償金。在美國，電力公司每採用核能發電1度，就需付0.1分給核子廢棄物基金，讓中央政府負責最後處置。然而雅卡山處置場到開放日遙遙無期，電力公司沒有嚐到處置場的「甜頭」，只能咬牙自行挑起用過核子燃料貯存日益增加的財務和工程重擔。美國全國有65個核子設施場址，其中40個有濕式貯存場、搭配有乾式護箱貯存。核子廢棄物基金約有310億美金，目前雅卡山處置場已經花費60億。此處置場設計可容納7萬噸高放射性廢棄物，其中包含7,000噸的軍用廢棄物。不過就地質上來看，應該可以容納更多。WNN 06/03/2008.

斯洛維尼亞核能電廠烏龍警報 證實為虛驚一場

斯洛維尼亞的奎司克核能電廠發生冷卻劑洩漏事件，斯國官方依規定通知歐盟。但由於誤送資料，導致歐盟誤判有潛在輻射問題，隨後啟動全歐洲的輻射警報網。歐盟執委會能源部門同時並對媒體發布消息，告知可能會有輻射威脅，全歐進入警戒狀態。然而事後卻證明，此係為溝通不良的烏龍事件，在核子安全等級上為零級，但卻也引發各界對於歐盟輻射警報系統(Ecurie)功能的檢討聲浪。WNN 06/05/2008&06/06

義大利蓋新核能電廠 急用進口電力依賴

義大利新政府日前確認，5年內將開始興建新核能電廠，減少國家對石油、天然氣和進口電力的依賴。義大利是G8工業國裡，唯一沒有自己核能電廠的國家，同時也是全世界最大的電力進口國。每年義大利光花在進口電力上的花費，就高達600億歐元。

義大利政府提出了核能立法的配套方案，包括成立國家核子研發中心的時程和迅速執行現有核能電廠廠址新反應器發照。義大利最大的電力公司－義大利國家電力公司，計畫要在下列三址之一興建新反應器：

加里葛里亞諾、拉堤納或蒙塔托迪卡斯托市。前兩地在1982到1987年間曾有初期模式反應器營運。而蒙塔托迪卡斯托市曾有兩部幾乎完工的大型反應器，但因1987年11月公投未過關而中斷興建。WNN 05/23/2008.

新核安組織「世界核能安全協會」成立

新的獨立非營利核能組織－世界核能安全協會(World Institute for Nuclear Security ,WINS,)將在維也納成立總部，協會將促進全球政府及非政府核能設施保安的組織交流。世界核能安全協會宗旨在於維持自911事件以來，核能保安意識和戰備的水準。此協會獲得美國能源部的強力支持，並且與國際原子能總署互動頻繁。世界核能發電協會自20年前成立以來，各電廠工作人員交流更為頻繁，因此新組織世界核能安全協會的成立，必定也能讓各電廠保安人員獲益良多。WNN 05/14/2008.

法國成立國際核子協助平台

法國內閣同意在原子能委員會底下新設法國國際核子局(AFNI)，提供國際技術協助平台。國際核子局首長將由能源部和外交部共同任命。新機構將提供專業付費諮詢，提供其他國家民用核子計畫架構和技術系統建立經驗。Cabinet 05/07/2008.

美國政府研究核能經濟效益

美國國會預算辦公室正在研究新改良核能技術的經濟度，並將可能的碳排放成本和聯邦補助做量化評估。每噸二氧化碳排放價格約為45美金，因此就算沒有其他的獎勵措施，跟燃煤和天然氣發電相比，核能仍相當有競爭力。另一方面，先不講核能低廉的碳排放成本，光是美國政府對首批600萬瓩先期核能容量的補助，就讓核能變成一筆相當吸引人的投資標的。不過，核能電廠建造成本和未來天然氣價格的不確定性，仍可能會使核能投資者裹足不前。

WNN 05/06/2008, CBO May 2008 Nuclear Power's Role in Generating Electricity.

澳洲核能科技組織重啟研究用反應器

在因燃料問題停機10個月之後，澳洲核能科技組織的2萬瓩OPAL研究用反應器終獲重新啟動。反應器一開始使用的鈾矽化物燃料棒是由與反應器同家阿根廷廠商-INVAP提供，阿國的原子能委員會在研發高密度的研究用反應器燃料方面，相當專業。而未來燃料供應的契約，則是由亞瑞華公司在法國的CERCA子公司拿下，該公司占全世界市場6成，每年將提供OPAL 600個鈾矽化物燃料組件。合約也包含把研究用反應器使用過的核子燃料棒，送回法國再處理。然而由於阿根

廷原子能委員會提供的燃料有瑕疵，導致反應器在2007年7月停機，因此澳洲決定轉向法國CERCA購買更換燃料。重新設計過後的燃料不僅是替換原本阿國的燃料棒，還需有啟動反應器核心的功能，因此先前還需經澳洲輻射防護及核子安全局核可，耗費了些許作業時間。ANSTO 05/05/2008. 2 May 2008

美國民意傾向擁核

根據美國一項於4月進行的民意調查(1,000人)顯示，82%的受訪者表示，核電在滿足未來國家電力需求上，具有一定的重要性。跟2007年10月的調查結果相比，民眾認為的議題重要性，依序為經濟成長、全球暖化、能源保安和空氣污染。支持新建核能電廠的百分比上升了3%，達到78%，而55%的受訪民眾自認為環保人士。

調查也顯示民眾對於政府減碳的鼓勵政策，給予明顯的支持：79%的受訪者同意，37%非常同意，20%不同意政府應提供稅務優惠，鼓勵企業建造太陽能、風力和改良設計的核能電廠。當被問及聯邦政府是否可提供貸款保證給建造上述發電設施，或「其他可減少溫室氣體的技術，並啟動各界於這些特定能源設施投資」的公司時，77%表示同意。NEI 04/25/2008.

美國的核子復興

自2007年7月至2008年3月短短的9個月，隸屬於不同美國電力公司的9處核能發電廠向美國核能管制委員會(NRC)申請15部機組的結合建造與運轉執照(COL)，其反應器的型式如下：

演化型動力反應器，亞瑞華	1
進步型沸水反應器，奇異	2
進步型被動式壓水反應器，西屋	10
經濟簡化型沸水反應器，奇異－日立	2
合　　計	15

自2008年3月起，又有11處核能發電廠準備向核能管制委員會申請另15部機組的COL，其反應器的型式如下：

進步型被動式壓水反應器	2
演化型動力反應器	6
進步型壓水反應器，三菱重工	2
經濟簡化型沸水反應器	2
將宣布(to be announced, TBA)	2
合　　計	15

Nuclear News 14-15頁2008年6月